

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR)

Rhizobakteri pemacu tumbuh tanaman yang lebih populer disebut *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) merupakan mikroba tanah yang terdapat pada akar tanaman yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan perlindungan terhadap patogen tertentu (Van Loon, 2007). PGPR berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, hasil panen, kesuburan lahan dan mampu menghasilkan hormon tumbuhan seperti auxin, giberellin dan sitokinin, sebagai pelarut fosfat dan fiksasi nitrogen (Spaepen *et al.*, 2009; Vessey, 2003).

Berbagai jenis bakteri telah diidentifikasi sebagai PGPR. Sebagiaian besar berasal dari kelompok gram-negatif dengan jumlah strain paling banyak dari genus *Pseudomonas* dan beberapa dari genus *Serratia*. Selain kedua genus tersebut, genus *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Acetobacter*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Erwinia*, *Flavobacterium* dan *Bacillus* (Wahyudi, 2009). Meskipun sebagian besar *Bacillus* (gram-positif) tidak tergolong pengkolonian akar, beberapa strain tertentu dari genus ini ada yang mampu melakukannya sehingga bisa digolongkan PGPR.

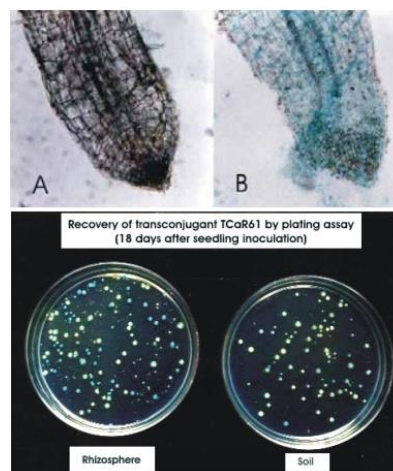
2.1.1. Fungsi dan Mekanisme *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR)

Secara umum, fungsi PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dibagi dalam tiga kategori, yaitu : (a) sebagai pemacu/perangsang pertumbuhan (biostimulan) dengan mensintesis dan mengatur konsentrasi berbagai zat pengatur tumbuh (fitohormon) seperti IAA, giberelin, sitokinin dan etilen dalam lingkungan akar; (b) sebagai penyedia hara (biofertilizer) dengan menambat N₂ dari udara secara asimbiosis dan melarutkan hara P yang terikat di dalam tanah; dan (c) sebagai pengendali pathogen berasal dari tanah (bioprotectans) dengan cara menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit anti pathogen seperti siderophore, β -1,3-glukanase, kitinase, antibiotik dan sianida (Mcmillan, 2007; Husein *et al.*, 2008; Egamberdiyev, 2007; Yolanda *et al.*, 2011).

Menurut Amalia (2007), mekanisme PGPR dalam meningkatkan kesuburan tanaman dapat terjadi melalui 3 cara, yaitu:

1. Menekan perkembangan hama/penyakit (*bioprotectant*): mempunyai pengaruh langsung pada tanaman dalam menghadapi hama dan penyakit.
2. Memproduksi fitohormon (*biostimulant*): IAA (*Indole Acetic Acid*), sitokinin, giberellin dan penghambat produksi etilen yaitu dapat menambah luas permukaan akar-akar halus.
3. Meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman (*biofertilizer*): bila penyerapan unsur hara dan air yang lebih baik dan nutrisi tercukupi, maka menyebabkan kebugaran tanaman juga semakin baik, sehingga akan semakin meningkatkan ketahanan tanaman terhadap tekanan-tekanan, baik tekanan biologis (OPT) maupun non biologis (iklim).

Kemajuan teknologi di bidang biologi molekuler, memungkinkan penelusuran suatu inokulan di dalam tanah dan lingkungan akar, seperti penggunaan gen penanda (marker gen). Gambar 1 memperlihatkan inokulan PGPR yang sudah mengandung gen *gusA*, sehingga kolonisasi akar oleh inokulan ini dan jumlah populasinya di dalam rizosfir dan tanah dapat dengan mudah diketahui dari warna biru pada akar maupun koloni yang tumbuh pada cawan agar.



Gambar 1. Ekspresi Gen *GusA* Berwarna Biru pada Media X-GlcA (Husen *et al.*, 2006)

Warna biru pada ujung akar cabai (Gambar A) menunjukkan akar dikolonisasi oleh inokulan PGPR, sedangkan kontrol (Gambar B) tidak ada kolonisasi. Koloni inokulan PGPR pada cawan agar berwarna biru yang kontras dengan warna koloni bakteri tanah lain (Husen *et al.*, 2006).

2.1.2. Efek PGPR terhadap Tanaman

Efek PGPR pada tanaman yang diinokulasi dikelompokkan menjadi dua, yaitu mendukung pertumbuhan tanaman dan pengendali secara biologis (biokontrol). Meskipun secara konseptual kedua efek ini sangat berbeda, dalam prakteknya sangat sulit bahkan hampir tidak mungkin untuk menentukan perbedaan dan batas antara keduanya. Strain PGPR *Pseudomonas fluorescens* dipilih untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil dari tanaman kentang, tetapi gagal mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang ditumbuhkan dalam kondisi gnotobiotic. *Growth promotion* yang terjadi pada kondisi tanah lapang berkaitan dengan reduksi populasi rizoplan asli, yaitu fungi dan bakteri (Gandanegara, 2007).

Biokontrol pada beberapa kasus diperkirakan muncul akibat dari penyakit yang terbebaskan. Akar menunjukkan pemanjangan atau percabangan yang berlebih akibat perlakuan PGPR (Amalia, 2007).

Menurut Desmawati (2008), berikut adalah kelebihan dari PGPR :

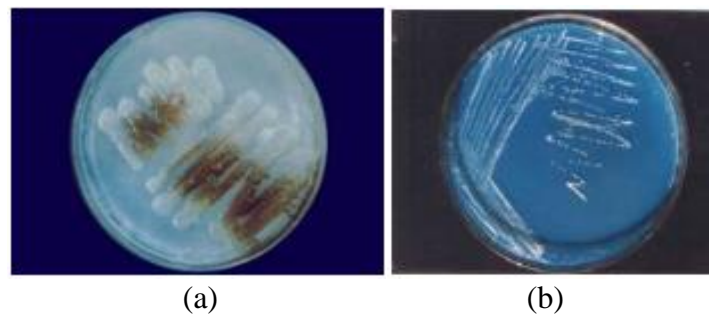
- a. Menambah fiksasi nitrogen di tanaman kacang-kacangan
- b. Memacu pertumbuhan bakteri fiksasi nitrogen bebas
- c. Meningkatkan ketersediaan nutrisi lain seperti fosfat, belerang, besi dan tembaga
- d. Memproduksi hormon tanaman
- e. Menambah bakteri dan cendawan yang menguntungkan
- f. Mengontrol hama dan penyakit tumbuhan

Sedangkan untuk kekurangan dalam produksi PGPR, diantaranya :

- a. Kekonsistenan pengaruh bakteri PGPR di Laboratorium dengan di lapangan terkadang berbeda
- b. Bakteri ini harus dapat diperbanyak dan diproduksi dalam bentuk yang optimum, baik vialibilas maupun biologinya selama diaplikasikan di lapangan.
- c. Tantangan lainnya berkaitan dengan regulasi/kebijakan suatu negara. Di beberapa negara kontrol terhadap produksi agens antagonis ini sangat ketat. Walaupun produk tersebut tidak berefek negatif pada manusia.

2.1.3. Bakteri Penambat Nitrogen

Ada beberapa jenis Bakteri Penambat Nitrogen yang berasosiasi dengan perakaran tanaman. Bakteri yang mampu meningkatkan hasil tanaman tertentu apabila diinokulasikan pada tanah pertanian dapat dikelompokkan atas dua jenis yaitu *Azospirillum* dan *Azotobacter*.



Gambar 2. (a) *Azotobacter* dan (b) *Azospirillum* (Wagner, 2011)

Azospirillum mempunyai potensi cukup besar untuk dikembangkan sebagai pupuk hayati (*Biofertilizer*). Bakteri ini banyak dijumpai berasosiasi dengan tanaman jenis rerumputan, termasuk beberapa jenis sereal, jagung, cantel dan gandum. Sampai saat ini ada tiga spesies yang telah ditemukan dan mempunyai kemampuan sama dalam menambat nitrogen, yaitu *Azospirillum brasilense*, *A. Lipoferum* dan *A. Amazonense*. *Azospirillum* merupakan salah satu jenis mikroba di daerah perakaran. Infeksi yang disebabkan oleh bakteri ini tidak menyebabkan perubahan morfologi perakaran, meningkatkan jumlah akar rambut, menyebabkan percabangan akar lebih berperan dalam penyerapan hara.

Keuntungan lain dari bakteri ini, bahwa apabila saat berasosiasi dengan perakaran tidak dapat menambat nitrogen, maka pengaruhnya adalah meningkatkan penyerapan nitrogen yang ada di dalam tanah. Dalam hal ini pemanfaatan bakteri ini tidak berkelanjutan, tetapi apabila *Azospirillum* yang berasosiasi dengan perakaran tanaman mampu menambat nitrogen, maka keberadaan nitrogen di dalam tanah dapat dipertahankan dalam waktu yang relatif lebih panjang. Keadaan ini relatif lebih menguntungkan karena dapat mengurangi pasokan pupuk nitrogen.

Azotobacter merupakan bakteri non-simbiosis yang hidup di daerah perakaran yang dapat dijumpai pada semua jenis tanah, tetapi populasinya relatif rendah. Selain kemampuannya dalam menambat nitrogen, bakteri ini juga

menghasilkan sejenis hormon yang kurang lebih sama dengan hormon pertumbuhan tanaman dan menghambat pertumbuhan jenis jamur tertentu. Seperti halnya *Azospirillum*, *Azotobacter* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui pasokan nitrogen udara, pasokan pengatur tumbuh, mengurangi kompetisi dengan mikro lain dalam menambat nitrogen atau membuat kondisi tanah lebih menguntungkan untuk pertumbuhan tanaman.

Ada dua pengaruh positif *Azotobacter* terhadap pertumbuhan tanaman yaitu mempengaruhi perkecambahan benih dan memperbaiki pertumbuhan tanaman. Kenaikan hasil tanaman setelah diinokulasi *Azotobacter* sudah banyak diteliti. Di India inokulasi *Azotobacter* pada tanaman jagung, gandum, cantel, padi, bawang putih, tomat, terong dan kubis ternyata mampu meningkatkan hasil tanaman tersebut.

Apabila *Azotobacter* dan *Azospirillum* diinokulasikan secara bersamaan, maka *Azospirillum* lebih efektif dalam meningkatkan hasil tanaman. *Azospirillum* menyebabkan kenaikan cukup besar pada tanaman jagung, gandum dan cantel (Sutanto, 2002).

2.1.4. Bakteri Pelarut Fosfat

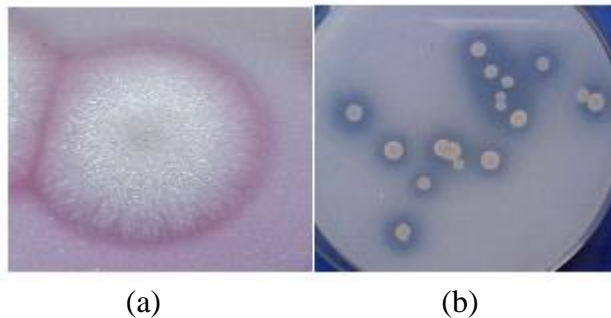
Fosfat merupakan salah satu unsur makro esensial, tidak hanya bagi kehidupan tumbuhan tetapi juga bagi biota tanah. Aktivitas mikroba tanah berpengaruh langsung terhadap ketersediaan fosfat di dalam larutan tanah. Sebagian besar bentuk fosfat tersemat oleh koloid tanah sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Pada kebanyakan tanah tropika diperkirakan hanya 25% fosfat yang diberikan dalam bentuk superfosfat yang diserap tanaman dan sebagian besar atau 75% diikat tanah dan tidak dapat diserap oleh tanaman (Sutanto, 2002).

Beberapa bakteri tanah mempunyai kemampuan melarutkan fosfat yang tidak larut dalam air dan menjadikannya tersedia bagi akar tanaman. Bakteri ini merubah bentuk P di alam untuk mencegah terjadinya proses fiksasi P. Dalam proses pelarutan P oleh bakteri berhubungan dengan diproduksinya asam yang sangat erat berhubungan dengan proses metabolisme (Prihatini *et al.*, 1996).

Fosfat di dalam tanah secara alami terdapat dalam bentuk organik dan anorganik. Kedua macam bentuk tersebut merupakan bentuk fosfat yang tidak larut atau sedikit larut, sehingga ketersediannya bagi biota tanah sangat terbatas.

Mineral fosfat anorganik pada umumnya terikat sebagai $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (*variscite*) dan $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (*strengite*) pada tanah masam dan sebagai $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (trikalsium fosfat) pada tanah basa. Asam-asam organik meng-*chelate* Al, Fe atau Ca, mengakibatkan fosfat terlepas dari ikatan $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, atau $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ sehingga meningkatkan kadar fosfat terlarut dalam tanah. Keadaan ini akan meningkatkan ketersediaan fosfat dalam larutan tanah.

Kemampuan mikroba pelarut fosfat dalam melarutkan fosfat yang terikat dapat diketahui dengan membiakkan biakan murninya pada media agar Pikovskaya yang berwarna putih keruh, karena mengandung P tidak larut seperti kalsium fosfat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Dilihat pada Gambar 3, mikroba pelarut fosfat yang terlihat membentuk zona bening pada media pikovskaya.



Gambar 3. Mikroba yang Membentuk Zona Bening, (a) Fungi dan (b) Bakteri (Ginting, 2006)

Ada beberapa jenis fungi dan bakteri seperti *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Aspergillus*, dan *Penicillium* yang diidentifikasi mampu melarutkan bentuk P tak larut menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Jumlah bakteri pelarut P dalam tanah sekitar 10^4 - 10^6 tiap gram tanah. Sekitar sepersepuluh sampai setengah jumlah bakteri yang diisolasi dari tanah mampu melarutkan fosfat, jumlah bakteri tersebut berkisar 10^5 – 10^7 per gram tanah dan banyak dijumpai di daerah perakaran tanaman. Menurut Rodriguez dan Fraga (1999) dari beberapa strain bakteri, ternyata genus *Pseudomonas* dan *Bacillus* mempunyai kemampuan yang tinggi dalam melarutkan fosfat.

Pseudomonas merupakan bakteri berbentuk batang dengan ukuran sel $0,5 - 1,0 \times 1,5 - 5,0 \mu\text{m}$, motil dengan satu atau lebih flagella, gram negatif, aerob, tidak membentuk spora dan katalase positif, menggunakan H_2 atau karbon sebagai sumber energinya, beberapa spesies bersifat patogen bagi tanaman, kebanyakan tidak dapat tumbuh pada kondisi masam pH 4,5 (Holt *et al.*, 1994).

2.2. Peran Media Tanam

Media tanam merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan, sebab mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman untuk mendapatkan hasil yang optimal. Media tanam yang baik adalah media yang mampu menyediakan air dan unsur hara dalam jumlah cukup bagi pertumbuhan tanaman. Menurut Haryadi *dalam* Fatimah dan Handarto (2008), menyatakan bahwa media yang baik untuk pertumbuhan tanaman harus mempunyai sifat fisik yang baik, gembur dan mempunyai kemampuan menahan air. Prayugo (2007), menyebutkan bahwa media tanam yang baik harus memiliki persyaratan-persyaratan sebagai tempat berpijak tanaman, memiliki kemampuan mengikat air dan menyuplai unsur hara yang dibutuhkan tanaman, mampu mengontrol kelebihan air (drainase) serta memiliki sirkulasi dan ketersediaan udara (aerasi) yang baik, dapat mempertahankan kelembaban di sekitar akar tanaman dan tidak mudah lapuk atau rapuh.

Media tanam akan mempengaruhi pertumbuhan akar sehingga mempengaruhi pertumbuhan umbi. Menurut Hanafiah (2005), fungsi pertama media tanam adalah sebagai tempat akar berpenetrasi. Selama cadangan hara masih tersedia di dalam benih, hanya air yang diserap oleh akar-akar muda. Semakin berkembangnya perakaran, cadangan makanan ini semakin menipis, sehingga untuk melengkapi kebutuhannya maka akar-akar ini mulai menyerap hara. Indikator kecukupan air dan hara yang dapat disediakan oleh media tanam dicerminkan oleh kualitas pertumbuhan dan produksi tanaman yang tumbuh di atasnya.

Dole dan Wilkins *dalam* Safitry dan Kartika (2013) menyatakan bahwa tanaman yang tumbuh dalam media tanam yang kurang, memiliki ketersediaan air dan hara serta drainase yang terbatas. Air dan hara harus selalu dipasok agar dapat tersedia untuk tanaman. Media tanam yang berbeda dibutuhkan pada tingkat produksi tanaman yang berbeda. Media tanam yang termasuk dalam kategori bahan organik umumnya berasal dari komponen organisme hidup, misalnya bagian dari tanaman seperti daun, batang, bunga, buah atau kulit kayu. Beberapa jenis bahan organik yang dapat dijadikan sebagai media tanam diantaranya arang sekam dan *cocopeat*.

Tabel 1. Kandungan Hara pada Arang Sekam dan *Cocopeat*

Kandungan Hara	Hasil				Satuan
	Arang Sekam	Ket	<i>Cocopeat</i>	Ket	
N	0,18	Rendah	0,44	Sedang	%
P	585	Sedang	119,1	Sedang	ppm
K	0,30	Sedang	31718	Sedang	%
C-Organik	31	Sangat tinggi	5,18	Sangat tinggi	%

Sumber : Sukarman (2012); Soemeinaboedhy dan Tejowulan (2007); dan Wuryaningsih dalam Sukarman, 2012)

2.2.1. Arang Sekam

Arang sekam sebagai limbah pertanian tanaman pangan yang murah, mudah didapat dan ringan banyak diminati untuk dimanfaatkan sebagai campuran media tanam. Karakteristik dari arang sekam adalah ringan, sirkulasi udara tinggi, kapasitas menahan air tinggi, berwarna kehitaman, sehingga dapat mengabsorpsi sinar matahari dengan efektif (Wuryaningsih, 1996). Menurut Mariana (2017), arang sekam bersifat porous dan tidak dapat menggumpal/memadat sehingga akar tanaman dapat tumbuh dengan baik dan sempurna.

Nurbaity *et al.*, (2011) menyatakan bahwa, sekam padi merupakan bahan organik yang berasal dari limbah pertanian yang mengandung beberapa unsur penting seperti protein kasar, lemak, serat kasar, karbon, hidrogen, oksigen dan silica, serta N 0,49 %; P 0,07 %; dan K 0,08 % pada kadar air 7,4 %. Menurut Marlina dan Rusnandi (2007) salah satu media tanam yang baik adalah sekam padi karena ringan, memiliki drainase dan aerasi yang baik, tidak mempengaruhi pH, mengandung hara atau larutan garam, mempunyai kapasitas menyerap air, serta harganya murah. Menurut Sukarman (2012), arang sekam mengandung unsur N 0,18 %; P 0,08 %; K 0,30 %; dan Ca 0,14 % serta unsur Mg yang besarnya tidak terukur dan mempunyai pH 6-7. Menurut Soemeinaboedhy dan Tejowulan (2007), arang sekam padi mempunyai berat jenis 1,23 g/cm³, nilai KTK 16.709 me/100g, kandungan P-total sebesar 585 ppm. Komposisi kimiawi dari arang sekam yaitu terdiri atas SiO₂ dengan kadar 72,28 % dan C sebanyak 31 %. Sementara kandungan lainnya terdiri dari Fe₂O₃, K₂O, MgO, CaO, MnO dan Cu dengan jumlah yang kecil (Baharuddin *et al.*, 2012).

Media arang sekam merupakan media tanam yang praktis digunakan karena tidak perlu disterilisasi, hal ini disebabkan mikroba patogen telah mati selama proses pembakaran. Selain itu, arang sekam juga memiliki kandungan

karbon (C) yang tinggi sehingga membuat media tanam ini menjadi gembur. Dari beberapa penelitian diketahui bahwa kemampuan arang sekam sebagai absorban yang bisa menekan jumlah mikroba patogen dan logam berbahaya dalam pembuatan kompos. Sehingga kompos yang dihasilkan bebas dari penyakit dan zat kimia berbahaya. Penanaman plantlet bibit tanaman kentang dalam rumah kaca aklimatisasi dengan pemberian media arang sekam memberi tingkat keberhasilan aklimatisasi hingga 90 %, dengan perlakuan pemberian intensitas cahaya bertingkat secara bertahap (Baharuddin *et al.*, 2012).

2.2.2. *Cocopeat*

Cocopeat (serbuk sabut kelapa) adalah hasil sampingan dari proses pengambilan serat sabut kelapa. *Cocopeat* mempunyai kandungan lignin dan selulosa yang tinggi. *Cocopeat* memiliki pH sebesar 5,2-6,8 dan sangat sulit untuk diuraikan. *Cocopeat* adalah serbuk halus sabut kelapa yang dihasilkan dari proses penghancuran sabut kelapa. Dalam proses penghancuran sabut dihasilkan serat yang lebih dikenal dengan nama fiber, serta serbuk halus yang dikenal dengan *cocopeat*. Menurut Kurniawan *et al.*, (2016), *cocopeat* digunakan sebagai media tanam karena daya serap air yang tinggi antara 6-8 kali bobot keringnya, sehingga hemat air dan nutrisi, menunjang pertumbuhan akar dengan cepat sehingga baik untuk pembibitan.

Menurut Ihsan (2013), kandungan hara yang terkandung dalam *cocopeat* yaitu unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman diantaranya adalah kalium, fosfor, kalsium, magnesium dan natrium. *Cocopeat* mengandung unsur-unsur hara esensial N 0,44 %; P 119,1 ppm; K 31718 ppm; dan C-Organik 5,18 % (Wuryaningsih *dalam* Sukarman, 2012). *Cocopeat* dapat menahan kandungan air dan unsur kimia pupuk serta menetralkan kemasaman tanah. Karena sifat tersebut, sehingga *cocopeat* dapat digunakan sebagai media yang baik untuk pertumbuhan tanaman dan media tanaman rumah kaca.

Keunggulan *cocopeat* sebagai media tanam antara lain yaitu, dapat menyimpan air yang mengandung unsur hara, sifat *cocopeat* yang senang menampung air dalam pori-pori menguntungkan karena akan menyimpan pupuk cair sehingga frekuensi pemupukan dapat dikurangi dan di dalam *cocopeat* juga terkandung unsur hara dari alam yang sangat dibutuhkan tanaman, daya serap air

tinggi, menggemburkan tanah dengan pH netral dan menunjang pertumbuhan akar dengan cepat sehingga baik untuk pembibitan. *Cocopeat* terdiri dari serat dan gabus yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya. *Cocopeat* dapat menahan kandungan air dan unsur kimia pupuk serta dapat menetralkan pH tanah. Media tanam *cocopeat* sanggup menahan air hingga 73%. Dari 41 ml air yang dialirkan melewati lapisan *cocopeat*, yang terbuang hanya 11 ml (Sukarman *et al.*, 2012).

2.3. Pupuk Kandang Kambing

Pupuk kandang didefinisikan sebagai semua produk buangan dari binatang peliharaan yang dapat digunakan untuk menambah hara, memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah. Kadar hara pupuk kandang sangat bervariasi, hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis dan umur hewan, jenis makanannya, alas kandang dan penyimpanan atau pengelolaan. Kandungan hara dalam pupuk kandang sangat menentukan kualitas pupuk. Kandungan unsur-unsur hara di dalam pupuk tidak hanya tergantung dari jenis ternak, tetapi juga tergantung dari makanan dan air yang diberikan, umur dan bentuk fisik dari ternak (Hartatik dan Widowati, 2006).

Tekstur dari kotoran kambing adalah khas, karena berbentuk butiran-butiran yang agak sukar dipecah secara fisik sehingga sangat berpengaruh terhadap proses dekomposisi dan proses penyediaan haranya. Nilai rasio C/N pupuk kandang kambing umumnya masih diatas 30. Pupuk kandang yang baik harus mempunyai rasio C/N <20, sehingga pupuk kandang kambing akan lebih baik penggunaannya bila dikomposkan terlebih dahulu. Kalaupun akan digunakan secara langsung, pupuk kandang akan memberikan manfaat yang lebih baik pada musim kedua pertanaman. Kadar air pupuk kandang kambing relatif lebih rendah dari pupuk kandang sapi dan sedikit lebih tinggi dari pupuk kandang ayam (Hartatik dan Widowati, 2006).

Kadar hara pupuk kandang kambing mengandung kalium yang relatif lebih tinggi dari pupuk kandang lainnya. Sementara kadar hara N dan P hampir sama dengan pupuk kandang lainnya (Hartatik dan Widowati, 2006). Kandungan hara pada pupuk kandang kambing yang digunakan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Pupuk Kandang Kambing

Parameter	Satuan	Hasil	Kategori
pH	-	7,59	Netral
P-Total	%	0,48	Rendah
N-Total	%	2,07	Tinggi
C-Organik	%	10,45	Tinggi
C/N	-	5,04	Rendah

Keterangan : Analisis pupuk kandang kambing dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya

2.4. Klasifikasi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan tanaman dari suku *Solanaceae* yang mempunyai umbi batang yang bisa dikonsumsi. Umbi kentang berasal dari Amerika Selatan dan menjadi salah satu makanan pokok yang penting di Eropa. Tanaman ini merupakan kelompok herba, yaitu tanaman pendek yang tidak memiliki kayu dan tumbuh baik pada iklim yang sejuk, namun juga bisa di tanam di dataran tinggi serta di daerah yang beriklim tropis. Bentuk bunga komoditi ini tergolong pada bunga sempurna dan tersusun secara majemuk. Ukurannya cukup besar, berwarna putih dan memiliki diameter rata-rata sekitar 3 cm. Sistematika menurut klasifikasi botani (Difly, 2011) sebagai berikut :

Divisi : *Magnoliophyta*

Class : *Magnoliopsida*

Ordo : *Solaanales*

Famili : *Solanaceae*

Genus : *Solanum*

Species : *Solanum tuberosum* L.

Kentang juga merupakan tumbuhan dikotil dengan sifat semusim dan memiliki bentuk semak. Batang yang ada di atas permukaan tanah memiliki warna hijau, kemerahan atau ungu tua. Warna dari batang juga dapat dipengaruhi oleh usia dari tanaman itu sendiri dan keadaan dari lingkungannya. Pada tingkat kesuburan tanah yang lebih baik atau kering, warna dari batang tumbuh yang lebih tua akan jauh lebih mencolok warnanya. Di bagian bawah dari batang bisa

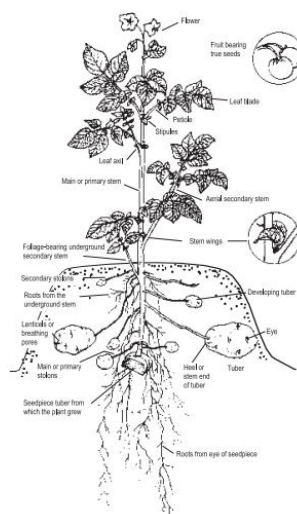
berkayu, sedangkan untuk batang tanaman yang masih muda tida berkayu, sehingga tidak terlalu kuat untuk menopang pertumbuhan dan mudah roboh.



Gambar 4. Kentang Varietas Granola Kembang, (a) Umbi Kentang dan (b) Bunga Kentang (Prahardini *et al.*, 2015)

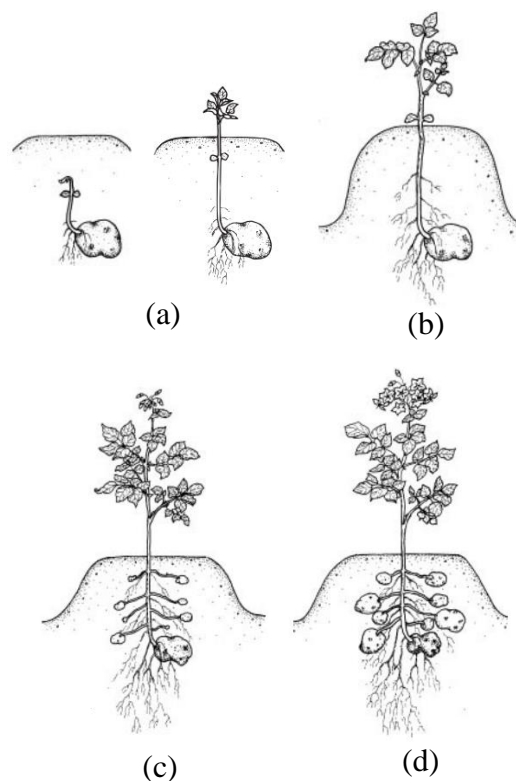
2.5. Fase Pertumbuhan Tanaman Kentang

Menurut Smith (1968), kentang merupakan salah satu tanaman dikotil yang bersifat semusim dan berbentuk semak/herba. Susunan tubuh utama dari kentang terdiri dari batang, daun, umbi, akar, bunga, buah dan biji (Gambar 5). Bantang kentang berada di atas permukaan tanah. Panjang batang sekitar 30-100 cm diatas permukaan tanah (Otroshy, 2006). Daun kentang berupa daun majemuk. Umbi kentang merupakan perbesaran dari batang di dalam tanah (stolon) yang menyimpan hasil fotosintesis. Stolon mulai terlihat biasanya seminggu atau 10 hari setelah tanaman muncul ke permukaan (Smith, 1968).



Gambar 5. Struktur Tanaman Kentang (Lovatt, 1997)

Lovatt (1997), menyebutkan bahwa terdapat empat fase pertumbuhan tanaman kentang, yaitu pertumbuhan vegetatif, inisiasi, pembesaran dan pemasakan umbi. Fase vegetatif memerlukan waktu 2-4 minggu dari muncul tunas sampai inisiasi umbi. Fase inisiasi dan pembesaran umbi dimulai dengan pembentukan stolon kemudian pembesarannya. Waktu yang dibutuhkan sekitar 7-8 minggu. Fase pemasakan umbi memerlukan waktu 2-3 minggu. Perubahan yang terjadi pada fase ini yaitu kulit umbi mulai terbentuk, berat kering umbi maksimum, bagian atas tanaman berwarna kekuningan dan mati. Jumlah waktu yang dibutuhkan tanaman kentang untuk tumbuh dan berkembang sekitar 13-20 minggu atau 90-140 hari.



Gambar 6. Fase Pertumbuhan Tanaman Kentang; (a) Fase Vegetatif; (b) Inisiasi Umbi; (c) Perbesaran Umbi; dan (d) Pemasakan (Lovatt, 1997)

2.6. Syarat Tumbuh Tanaman Kentang

2.6.1 Iklim

Tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) menghendaki iklim dengan suhu udara dingin dan lembab. Tanaman kentang dapat tumbuh dengan baik dengan curah hujan rata-rata 1500 mm/tahun. Lama penyinaran matahari penuh

yang dibutuhkan adalah 9-10 jam dengan intensitas cahaya rendah. Suhu optimal komoditi ini adalah 18-21°C, dengan kelembaban 80-90% dan ketinggian tempat antara 1000-3000 mdpl.

Kentang sangat peka terhadap air, sehingga penanamannya dianjurkan pada akhir musim hujan. Kelembaban di dalam tanah berpengaruh besar, jika intensitasnya meningkat dapat menyebabkan ketidak normalan pertumbuhan umbi dan banyak mengeluarkan cabang-cabang. Angin kencang dapat membuat batang tidak kuat dan mudah patah, sehingga pada daerah yang memiliki potensi angin yang tinggi budidaya dilakukan di dalam *green house* (Neni, 2010).

2.6.2 Kesuburan Tanah

Kesuburan tanah memegang peranan penting untuk budidaya tanaman kentang, fungsi tanah sebagai penyangga akar, penyedia air, zat hara dan udara untuk pernafasan akar tanaman. Kondisi media tumbuh yang dibutuhkan tanaman kentang adalah berstruktur remah, gembur dan banyak mengandung bahan organik. Areal lahan penanaman untuk budidaya komoditi ini harus berdrainase baik dan memiliki lapisan olah yang dalam agar perakaran dapat menembus tanah untuk mengambil unsur hara dan melakukan fotosintesis, sehingga didapatkan makanan untuk seluruh bagian tanaman. Kondisi keasaman tanah yang dikhendaki oleh kentang adalah 5,8-7. Pengapuran dilakukan apabila pH kurang dari 5,8 dengan kapur dolomit yang berstruktur rapuh, remah dan mudah mengikat asam.

2.7. Kebutuhan Unsur Hara pada Tanaman Kentang

Tanaman memerlukan makanan yang sering disebut hara tanaman. Dengan fotosintesis, tanaman mengumpulkan karbon yang ada di atmosfer yang kadarnya sangat rendah, ditambah air diubah menjadi bahan organik oleh klorofil dengan bantuan sinar matahari. Unsur yang diserap untuk pertumbuhan dan metabolisme tanaman dinamakan hara tanaman. mekanisme pengubah unsur hara menjadi senyawa organik atau energi disebut metabolisme (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

Hara diserap tanaman dalam bentuk ion positif (NH_4^+ ; K^+ ; Ca^+ ; dan Mg^+) dan negatif (NO_3^- ; HPO_4^- ; dan Cl^-). Ion ini umumnya terikat dalam kompleks

jerapan tanah. Selain itu, ada ion yang larut dalam air. Ion tersebut dianggap sukar diserap karena selalu ikut air, bahkan umumnya hilang tercuci ke lapisan bawah di luar perakaran tanaman atau ke sungai. Tetapi, ion ini sebagian juga diikat oleh koloid tanah dan tidak ikut pergerakan air lagi. Fase pertama hara tanaman berpindah tempat dalam tanah dari suatu tempat ke permukaan akar tanaman. Kemudian, setelah sampai permukaan akar (bulu akar), masuk ke dalam akar yang dari sini ditranslokasi ke organ tanaman lain termasuk daun, buah dan sebagainya. Perpindahan ion dari tanah dan larutan tanah ke permukaan akar memiliki tiga macam pergerakan, yaitu intersepsi dan persinggungan, aliran masa dan difusi (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

Nitrogen berperan dalam menyusun semua protein, asam nukleat dan klorofil. Poerwowidodo (1992) menyatakan bahwa protein merupakan penyusunan utama protoplasma yang berfungsi sebagai pusat proses metabolisme dalam tanaman yang selanjutnya akan memacu pembelahan dan pemanjangan sel. Unsur hara nitrogen dan unsur hara mikro (Mn, Zn, Fe, S, B, Ca dan Mg) berperan sebagai penyusun klorofil sehingga meningkatkan aktivitas fotosintesis tersebut akan menghasilkan fotosintat yang mengakibatkan perkembangan pada jaringan meristematis daun.

Menurut Parman (2007), unsur kalium berperan penting dalam setiap proses metabolisme tanaman, yaitu dalam sintesis asam amino dan protein dari ion-ion ammonium serta berperan dalam memelihara tekanan turgor dengan baik sehingga memungkinkan lancarnya proses-proses metabolisme dan menjamin kesinambungan pemanjangan sel. Kalium tidak selalu mempengaruhi produksi, tetapi secara umum lebih berpengaruh pada kualitas hasil, kandungan bahan kering, *black spot*, kerusakan mekanik, perubahan warna setelah diolah dan daya simpan. Kalium mengatur kegiatan membuka dan menutup stomata. Pengaturan stomata yang optimal akan mengendalikan transpirasi tanaman dan meningkatkan reduksi karbondioksida yang akan diubah menjadi karbohidrat. Menurut Koch dan Estes (1976) pengaruh utama kalium pada kentang adalah mengurangi sekulensi daun, memperbesar umbi dan menunda pengguguran daun yang mengakibatkan bertambahnya luas daun yang dapat meningkatkan hasil. Menurut Madjid (2007) kentang menyerap unsur K melalui 2 mekanisme yaitu difusi dan aliran massa.

Difusi adalah mekanisme yang banyak digunakan tanaman kentang untuk menyerap kalium sebesar 77,7 %.

Menurut Parman (2007), unsur fosfor berperan dalam menyimpan dan memindahkan energi untuk sintesis karbohidrat, protein dan proses fotosintesis. Senyawa-senyawa hasil fotosintesis disimpan dalam bentuk senyawa organik yang kemudian dibebaskan dalam bentuk ATP untuk pertumbuhan tanaman. pergerakan ion fosfat pada umumnya disebabkan oleh proses difusi, tetapi jika kandungan P larutan tanah cukup tinggi, maka proses aliran massa dapat berperan dalam transportasi tersebut. Ion yang sudah berada di permukaan akar akan menuju rongga luar akar (*outer space*) melalui proses difusi sederhana, jerapan pertukaran dan kegiatan bahan pembawa (*carrier*). Selanjutnya ion memasuki rongga dalam akar (*inter space*) dengan melibatkan energi metabolisme yang dikenal sebagai serapan aktif (Nyakpa *dalam* Elfiati, 2005).